

Rythme saisonnier de croissance en hauteur et en épaisseur chez *Eucalyptus camaldulensis* Dhen.

H. POUPON,
Bioclimatologiste de l'ORSTOM
Richard-Toll (Sénégal)

RÉSUMÉ

Dans l'arboretum de Zerniza, en Tunisie du Nord, une étude de croissance a porté sur diverses espèces d'*Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. maideni*, *E. saligna*, *E. gamphocephala*). Elle a permis de constater qu'*E. camaldulensis* Dehn. était l'espèce qui donnait les meilleurs résultats.

Bien que sensible à l'action de certains facteurs climatiques (essentiellement vent en hiver et sécheresse en été) cette espèce présente une élévation annuelle atteignant en moyenne 95 cm.

La croissance en diamètre s'étend sur une très longue période : elle est continue d'octobre à mai, soit huit mois environ. Aucun arrêt de l'activité cambiale n'a été noté en hiver. L'auteur montre que cette croissance en épaisseur dépend de l'action de nombreux facteurs : climat (température, sécheresse), nature du sol et densité de plantation.

Pour compléter ces résultats, il montre également l'intérêt et la nécessité que présenterait une étude approfondie du microclimat à l'intérieur des peuplements forestiers.

ABSTRACT

In the arboretum of Zerniza, in North Tunisia, an investigation of the growth of different species of *Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. maideni*, *E. saligna*, *E. gamphocephala*) was made. It authorizes us to say that the species which gave the best results was the *E. camaldulensis* Dehn.

Although this species is appreciatively influenced by the different climatic factors (especially wind in winter and dryness in summer), it grows about 95 cm taller in a year.

It grows wider during a very long period: continuously from October to May, that is to say about eight months. We never noticed a stopping of the cambial

activity in winter. The author has showed that this increase in width depended on the action of numerous factors: climate (temperature, drought), the nature of the ground and the density of the plantation.

To complete these results, he also shows the interest and the necessity that a deep investigation of the microclimate inside the forest planting would bring.

INTRODUCTION

Depuis 1956, un vaste programme de reboisement essentiellement à base d'eucalyptus et de pins a été entrepris dans toute la Tunisie, et plus particulièrement, dans le nord du pays. Par suite d'impératifs économiques (la valeur commerciale du liège diminuant), il s'agissait de substituer aux subéraies dégradées et aux zones de maquis, des essences pouvant, à long terme, permettre la création d'une usine de pâte à papier. Depuis plusieurs années déjà, le service forestier s'intéressait à la recherche d'essences de remplacement à haute productivité.

Les études concernant l'introduction d'essences nouvelles durent se faire en deux temps :

— Des essais à caractère limité pour déterminer dans quelle mesure, la plante est capable de s'adapter aux conditions climatiques générales. Dans ce but, furent créés des arboretums d'élimination qui sont de véritables collections destinées à suivre les productivités des espèces introduites, pendant un certain nombre d'années, en conditions naturelles. Celui de Zerniza fut le premier et un des plus représentatifs de la région des Mogods, bien que situé à quelques kilomètres de la mer et dans un couloir fortement venté.

— Des études à une échelle plus fine, devaient dans un second temps permettre de déterminer les modalités du comportement de la plante, en fonction des conditions de sol et de microclimat. En effet, l'introduction d'espèces nouvelles fondée sur des analogies clima-

tiques reste précaire. La schématisation du climat par le calcul d'indices rend difficile toute explication des modalités d'intervention de ces facteurs externes sur les phénomènes physiologiques. Il s'avérait donc nécessaire de suivre une démarche plus analytique afin de rendre un peu plus rigoureuse la prévision des résultats. Entre autres choses, il s'agissait de mieux connaître les périodes d'activité et de repos de la végétation ainsi que les principaux facteurs influençant la croissance, et de préciser les limites entre lesquelles la productivité de chaque espèce est économiquement intéressante.

Le présent travail porte uniquement sur l'étude de la croissance en hauteur et en épaisseur d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn, espèce actuellement la plus répandue. Bien que d'autres études d'écologie expérimentale aient pu être entreprises, celle relative à l'élongation et à l'accroissement du tronc permettait en utilisant des méthodes simples d'obtenir rapidement des données concernant la productivité de l'espèce choisie. Par contre, la croissance dépendant de processus biologiques complexes, comme la photosynthèse, la migration des sucres ou les mouvements de l'eau dans le tronc, l'étude analytique des résultats était plus difficile.

2. MÉTHODES EXPÉRIMENTALES ET TECHNIQUES DE MESURES.

Dans l'arboretum de Zerniza, situé à 150 km de Tunis, à 5 km de la mer Méditerranée, à 100 m d'altitude, des mesures de croissance en hauteur et en épaisseur ont été effectuées au cours des années 1967-1968.

Il s'agissait de mettre en évidence les différences de comportement :

— entre individus de la même espèce, installés sous un même « topoclimat », mais dans des habitats différents afin de mettre en évidence le rôle du milieu édaphique sur la croissance ;

— entre individus du même âge, dans la même station, mais installés avec des densités de plantations différentes ;

— entre individus du même âge, dans une même station : on voulait ainsi tester l'homogénéité d'*E. camaldulensis* dans sa réponse aux facteurs extérieurs, ce qui est d'une importance primordiale du point de vue de la génétique.

Dans chaque cas, l'étude des cycles saisonniers doit, en outre, laisser apparaître des différences héréditaires qui se traduisent à un âge très précoce par une croissance ou un port de l'arbre particulier. Dès 1941, COOK affirmait que la courbe de croissance en hauteur caractérisait une espèce voire un clone.

Du point de vue physiologique et économique, il fallait également rechercher les relations pouvant exister, au niveau de l'espèce considérée, entre l'élongation de la pousse terminale et l'accroissement en diamètre du tronc.

Chacun de ces problèmes soulevés devait permettre d'approfondir un aspect nouveau de la croissance d'*E. camaldulensis* et d'obtenir finalement une vision globale qui devait préciser le choix du forestier.

2.1. MESURE DE L'ÉLONGATION DES POUSES TERMINALES.

Bien qu'il eût été intéressant de comparer les aptitudes d'*E. camaldulensis* introduit sur divers sols, il a fallu limiter, pour des raisons matérielles, l'étude de l'élongation à une seule parcelle expérimentale. Les mesures ont porté uniquement sur dix arbres plantés en bordure de piste, et donc placés dans des conditions particulièrement favorables par rapport au reste du plateau. Les eucalyptus, âgés de sept ans en 1967, mesuraient entre 8 et 10 m de haut.

Ces *E. camaldulensis* formaient leur couronne ; il fut donc difficile de repérer la pousse qui allait devenir la flèche, d'autant plus que chez cette espèce, la dominance apicale est faible (JACOBS, 1955). Au sommet de chaque individu, six rameaux susceptibles de donner l'axe principal ont été mesurés à l'aide d'une règle graduée en millimètres, à raison d'une mesure tous les quinze jours, tout au long de l'année 1968.

2.2. MESURE DE LA CROISSANCE EN ÉPAISSEUR.

L'accroissement en circonférence fut suivi sur de nombreux individus, à l'aide de rubans dendrométriques en acier inoxydable, munis d'un ressort assurant leur tension et d'un vernier permettant une précision de l'ordre de 0,2 mm. Les lectures étaient effectuées, comme pour la croissance en hauteur, tous les quinze jours environ. Placés sur le tronc à 1,30 m du sol, ils ont été utilisés dans de nombreux travaux comme ceux de HALL (1944), SCHOPMEYER (1955), LIMING (1957), YOUNG et KRAMER (1962) et GUINAUDEAU (1966). Ce sont des appareils insensibles aux brusques variations de croissance, utilisables sur de larges intervalles de temps et ne donnant qu'une indication peu précise des fluctuations quotidiennes. Ils mesurent l'accroissement du bois et de l'écorce. D'un usage simple, ils présentent trois inconvénients : ils peuvent être facilement déplacés par inadvertance ; en été, les indications obtenues sont surestimées par suite de la dilatation du métal soumis à de grandes variations de température ; enfin, sur les arbres trop jeunes, les ressorts assurant la tension sont trop puissants et la bande d'acier s'enfonce dans l'écorce.

3. CROISSANCE EN HAUTEUR.

3.1. COURBES DE CROISSANCE CUMULÉE EN HAUTEUR.

La figure 1 montre l'évolution de la courbe de croissance moyenne cumulée en hauteur pour la flèche (repérée à posteriori) d'une part, et pour les cinq autres pousses d'autre part. On peut observer quatre stades dans cet allongement :

— *Au cours de l'hiver*, non seulement les pousses terminales ne croissent plus, mais leur longueur diminue. Les pointes sont très endommagées par les vents violents : les rameaux situés au nord-ouest, donc exposés aux vents dominants, sont les plus atteints.

L'arrêt de croissance hivernale n'est que de courte durée. En conditions climatiques favorables (absence de vent) l'élongation débute dès la fin du mois de janvier. Suivant les années, les vents sont plus ou moins violents et l'allongement débute plus ou moins précocement. Les premières feuilles apparaissent également fin janvier, mais comme les bourgeons terminaux qui débourrent, elles sont rapidement endommagées et détruites. Les bourgeons axillaires se développent à leur tour et donnent des petits rameaux dont un grand nombre avortera encore pour n'en laisser croître qu'un seul et quelquefois deux.

— *Au printemps* : on peut calculer une date moyenne de début d'élongation. Elle est significativement différente si on considère d'une part les flèches et d'autre part les autres pousses. Cependant l'écart-type relatif à cette date moyenne (tabl. I) est plus élevé quand il s'agit des pousses autres que la flèche. Ce fait traduit l'hétérogénéité de la croissance en fonction de l'orientation des rameaux : ceux orientés au sud-est démarrent précocement et se développent plus rapidement.

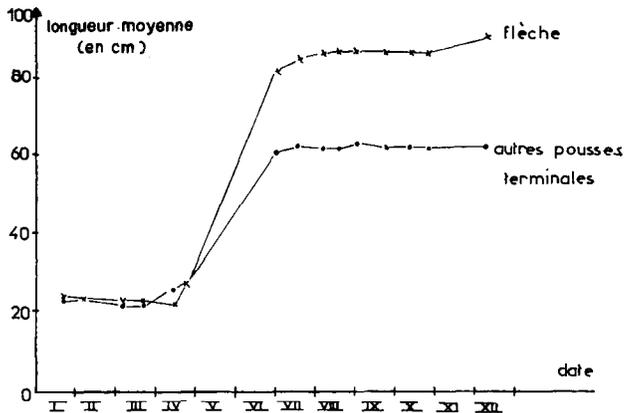


Fig. 1. — Croissance moyenne cumulée en hauteur de la flèche et des autres pousses terminales.

Au mois d'avril 1968, les rameaux terminaux croissent. La flèche commence à dominer les autres pousses dès la fin de ce mois. On peut donc seulement en mai déterminer avec certitude le rameau qui formera la flèche.

TABLEAU I

DATE DE DÉPART
DE L'ÉLONGATION DE LA FLÈCHE
ET DES AUTRES POUSES TERMINALES
(moyenne et écart type)

	Date de départ	
	moyenne	σ (jours)
Flèche	22 avril	12,2
Autres pousses	20 mars	18,6

— *En été* : l'élongation ralentit dès le début du mois de juillet. La détermination des dates d'arrêt de la croissance (tabl. II) montre que les pousses terminales cessent tout allongement bien avant la flèche. Les écarts types apparaissent alors très élevés : l'arrêt de l'élongation est beaucoup plus hétérogène que le départ.

TABLEAU II

DATE D'ARRÊT DE LA CROISSANCE DE LA FLÈCHE
ET DES AUTRES POUSES
(moyenne et écart type)

	Date d'arrêt	
	moyenne	σ (jours)
Flèche	9 août	18,6
Autres pousses	26 juillet	22,5

En août et septembre, par suite de la sécheresse estivale, les pointes des rameaux jaunissent et se dessèchent.

— *En automne* : seul l'allongement de la flèche reprend lentement (en moyenne le 20 octobre) et tardivement avant de stopper (en moyenne le 12 décembre).

3.2. INTERACTION ENTRE LES DIFFÉRENTES POUSES.

Les interactions entre pousses apparaissent comme un des éléments majeurs déterminant le port de

l'arbre. En hiver, si il est difficile de repérer avec certitude le rameau qui donnera l'axe principal de l'arbre, l'influence de celui-ci sur l'élongation des autres pousses se marque progressivement.

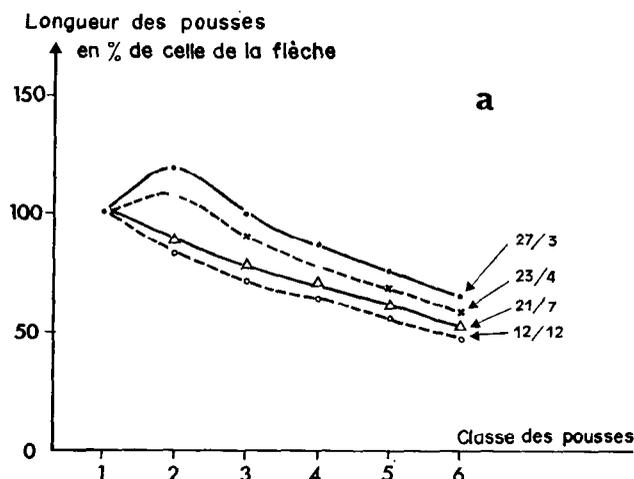


Fig. 2 a. — Longueur des pousses terminales (exprimées en % de la longueur de la flèche) en fonction de leur classification de 1 à 6.

Si à différentes dates, on classe les pousses terminales selon leur longueur décroissante (I étant toujours la flèche déterminée à posteriori, et 6 le rameau le plus court), on constate que (fig. 2 a) :

— En mars, la flèche n'est pas encore dominante, mais 2 rameaux, au moins, lui sont égaux ou supérieurs ; ils sont généralement situés dans le secteur sud-est de l'eucalyptus. En outre, 3 rameaux sont en moyenne plus courts que celui qui donnera la flèche.

— A la fin du mois d'avril, la dominance se généralise.

— En juillet, la flèche est nettement formée. Ce phénomène s'accroît encore lors de la phase de croissance automnale au cours de laquelle seul le rameau principal s'allonge.

Si on étudie ensuite l'écart entre la longueur moyenne de la flèche et celle d'un rameau de classe déterminée (2, 3, 4, 5 ou 6) on remarque deux catégories (fig. 2 b) :

a) La longueur des pousses 4, 5 et 6 n'est jamais supérieure à celle de la flèche. L'écart entre cette dernière et les rameaux augmente rapidement jusqu'à la fin avril et plus lentement par la suite.

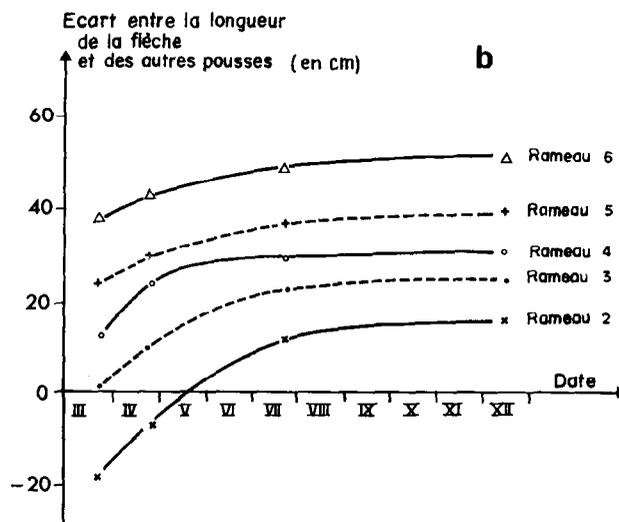


Fig. 2 b. — Evolution de l'écart entre les longueurs de la flèche et des autres pousses au cours de l'année 1968.

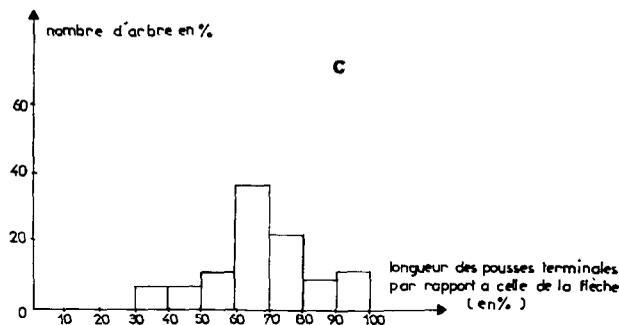


Fig. 2 c. — Distribution de fréquence des longueurs des pousses (exprimées en % de la longueur de la flèche).

b) Pour les pousses 2 et 3, cet écart augmente considérablement pendant la période d'avril à la mi-juillet. La dominance apicale par rapport à ces deux pousses, s'établit beaucoup plus lentement.

Finalement, après l'arrêt de croissance en décembre, les 2/3 des rameaux subterminaux ont des allongements représentant 60 à 70% de celui de la flèche, et 10% de ces pousses n'atteignent pas la moitié de la hauteur du rameau principal (fig. 2 c). Les longueurs moyennes de la flèche et du plus petit rameau sont donc dans le rapport de 2 à 1.

3.3. DURÉE DE LA PÉRIODE DE CROISSANCE.

La durée moyenne de la période de croissance de la flèche (153 j) est significativement plus longue que celle des autres pousses (128 j), l'allongement ayant essentiellement lieu entre avril et juillet. Pour le rameau principal, la croissance automnale ne représente que 4,8% de l'élongation annuelle. Cette seconde période de croissance, du 20 octobre au 12 décembre 1968, apparaît relativement courte. 95% de l'allongement est obtenu en 84 jours.

D'un arbre à un autre, ces durées de la période de croissance sont moins dispersées pour la flèche que pour les autres pousses terminales (fig. 3).

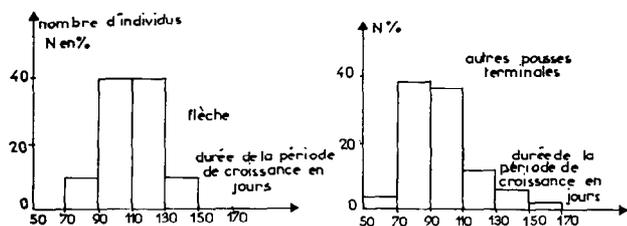


Fig. 3. — Durée de la période de croissance pour la flèche et les autres pousses terminales en 1968.

Les durées moyennes observées sont équivalentes à celles mesurées dans le même arboretum sur les pins (POUPON, 1970), ou relevées dans la littérature : KRAMER (1958) indique 200 jours pour l'élongation de certains pins dans le sud des U.S.A. ; KOZŁOWSKI et WARD (1957) signalent 20 semaines de croissance pour *Acer saccharinum* et 21 pour *Betula papyfera*.

3.4. VITESSE DE CROISSANCE.

Si la période de croissance est relativement courte, la vitesse moyenne d'élongation maximale de la flèche, par contre, est élevée puisqu'elle atteint, en avril, 1,3 cm/j (fig. 4). La croissance des pousses terminales débute plus précocement au printemps, mais les vitesses de croissance sont toujours plus faibles que celle de la flèche. L'évolution de cette vitesse diffère beaucoup de celle observée sur les pins, à Zerniza également (POUPON, 1970). En effet, dans le cas d'*E. camaldulensis* l'allongement débute très rapidement et reste important jusqu'au 15 juillet alors que pour les différentes espèces de pins étudiées, l'élongation débute plus précocement (fin janvier pour *Pinus pinea* L.) et stoppe dès le mois de mai.

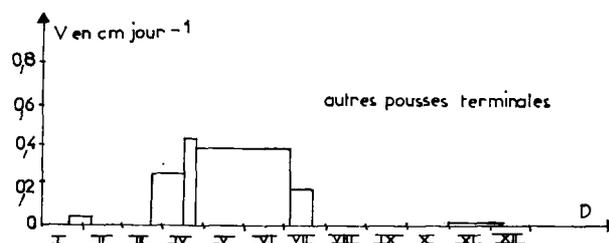
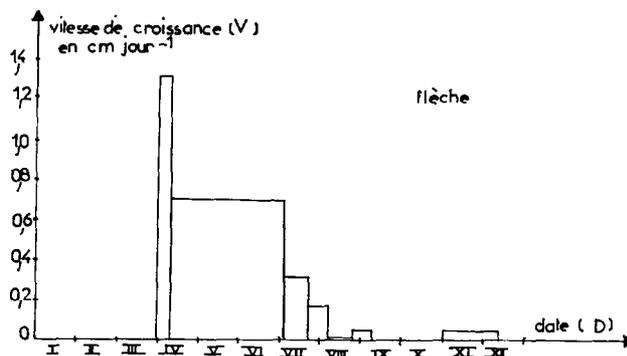


Fig. 4. — Evolution de la vitesse de croissance en longueur en 1968 pour la flèche et les autres pousses terminales.

3.5. CONCLUSIONS.

Cette étude dont la portée reste limitée pour des raisons liées aux moyens techniques utilisés, a toutefois permis de déterminer de manière assez précise les périodes de croissance active chez *E. camaldulensis*. Le départ de l'élongation, en partie masqué par l'action de facteurs défavorables comme le vent, a lieu en mars pour les pousses terminales, en avril pour la flèche. L'arrêt de croissance se situe, en 1968, le 26 juillet pour les premières et le 9 août pour la seconde. La croissance automnale est faible ; elle ne concerne que le rameau principal.

La dominance apicale s'installe tardivement et progressivement. La flèche ne peut être déterminée avec certitude que plusieurs semaines après le départ de la croissance. Pendant ce laps de temps, d'autres rameaux peuvent démarrer plus rapidement et être plus longs que celui qui formera l'axe principal de l'arbre.

Avec une croissance en hauteur moyenne annuelle de 95 cm (en 1968), l'*E. camaldulensis* présente des allongements considérablement plus importants que ceux mesurés simultanément sur les pins : 52 cm pour *P. pinea*, 47 cm pour *P. halepensis* et *P. pinaster*,

37 cm pour *P. radiata*. Cependant, ces résultats ont, dans leur ensemble, déçu les forestiers tunisiens qui, en se basant sur les mesures effectuées dans les reboisements marocains ou algériens, espéraient des pousses annuelles atteignant 1,20, voire 1,50 m.

L'action de certains facteurs climatiques a pu être mise en évidence. Le vent provoque la chute des bourgeons terminaux et axillaires, des jeunes pousses et des feuilles. Son action retarde la date de départ de l'élongation. En été, sous l'effet de la sécheresse édaphique et atmosphérique, de très nombreuses extrémités de rameaux se dessèchent et meurent.

Dans son aire naturelle, cet eucalyptus se cantonne dans le fond des vallées humides, plus ou moins irriguées. A Zerniza, il doit résister à trois ou quatre mois sans aucune précipitation, ce qui explique que, placée dans des conditions climatiques aussi dures, cette espèce n'a pas donné les résultats escomptés.

4. CROISSANCE EN ÉPAISSEUR.

L'étude de l'accroissement en circonférence du tronc a pu être réalisée parallèlement dans plusieurs parcelles expérimentales, de manière à préciser l'influence du milieu édaphique et de la densité de plantation sur cette croissance en épaisseur.

4.1. COURBES MOYENNES DE CROISSANCE CUMULÉE EN ÉPAISSEUR.

En second lieu a été particulièrement étudié l'accroissement en diamètre des arbres situés sur une terrasse alluviale (placeau n° 40). Puis, par comparaison, a été recherchée l'influence des différents milieux édaphiques : sol hydromorphe (placeau n° 175), ou humifère (placeau n° 43).

Les courbes moyennes de croissance relatives à ces différents milieux (fig. 5) sont des sigmoïdes présentant deux parties principales :

— D'octobre à juin, la circonférence de l'arbre augmente. Le départ est rapide et l'activité cambiale apparaît importante au cours de l'hiver. On note un ralentissement dès la fin du mois d'avril.

— En juin, juillet, août et septembre, se situe une période de repos au cours de laquelle le diamètre du fût peut diminuer.

4.1.1. Date de début de croissance.

Le départ de la croissance a été suivi sur 8 arbres (placeau n° 40) au cours de deux années successives (1967 et 1968). La comparaison des dates moyennes montre que le démarrage a été plus précoce en 1967 : le 27 septembre au lieu du 10 octobre l'année suivante.

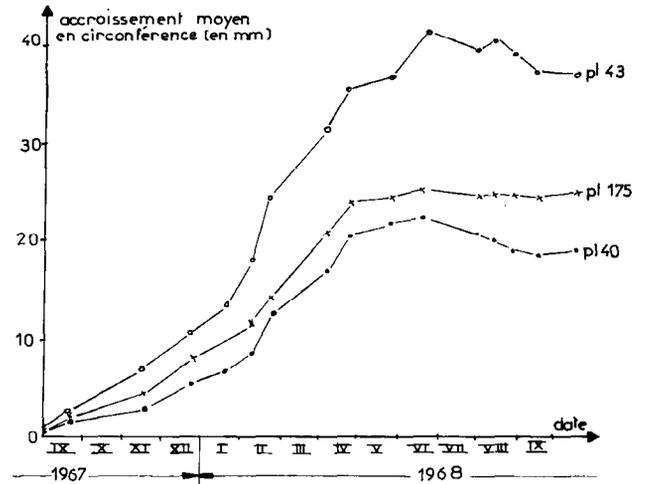


Fig. 5. — Comparaison des courbes moyennes d'accroissement cumulé en circonférence de *E. camaldulensis* Dehn dans trois milieux édaphiques.

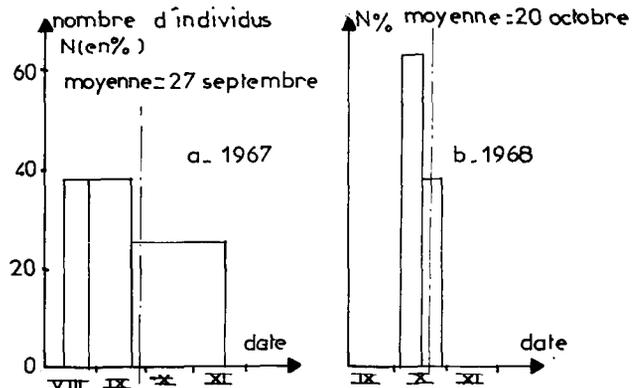


Fig. 6 a et b. — Départ de la croissance au cours de deux années successives (*E. camaldulensis*).

La différence entre ces deux dates est significative. En 1968, ce départ est plus groupé (fig. 6 a et 6 b) ; l'écart type relatif aux dates individuelles passant de 12,5 jours en 1967 à 2,2 jours en 1968.

Du point de vue climatique, les automnes de ces deux années diffèrent non par l'importance des pluies mais par leur répartition dans le temps (tabl. III).

TABEAU III
PLUIES A ZERNIZA,
AU COURS DES AUTOMNES 1967 ET 1968
(en mm)

Mois	1967	1968
Septembre	62	19
Octobre	91	46
Novembre	69	166
Total	222	231

Ce sont donc probablement les pluies relativement abondantes de septembre 1967 qui ont entraîné un départ précoce de la croissance.

4.1.2. Date d'arrêt.

La date moyenne d'arrêt se situe le 11 juin (fig. 7). L'écart type relatif à cette date moyenne s'élève à 18,4 jours : l'arrêt est donc plus hétérogène que le départ. VALENZIO et SCARAMUZZI (1967), dans le sud de l'Italie, mentionnent des observations identiques.

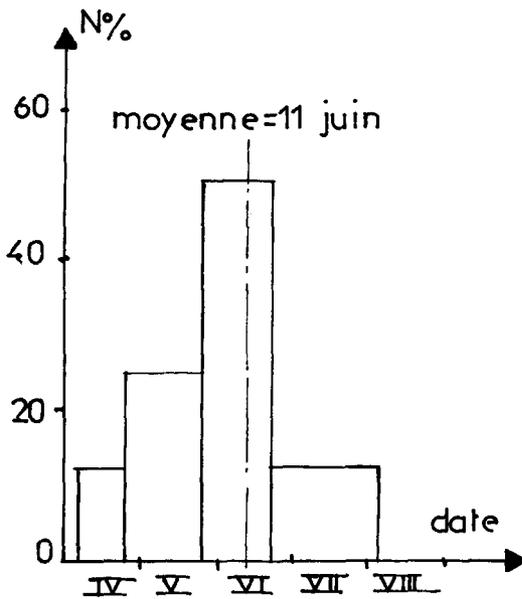


Fig. 7. — Arrêt de la croissance en 1968.

4.1.3. Durée de la période de croissance.

La durée moyenne de la période de croissance correspond à 258 jours, soit plus de 8 mois. Elle est donc notablement plus longue que celle observée pour l'allongement de la pousse terminale de ce même eucalyptus.

L'essentiel de cette croissance, soit 80% de l'accroissement annuel se réalise en 140 jours.

4.1.4. Vitesse de croissance.

Dans le plateau 40, la vitesse de croissance est faible en automne (fig. 8). Elle devient élevée dès la fin de l'hiver où se situe le maximum : 0,25 mm/j, entre le 9 et le 25 février. Puis elle diminue jusqu'en juin. En été, c'est le tronc qui se rétracte à raison de 0,07 mm/j en moyenne du 2 au 15 août.

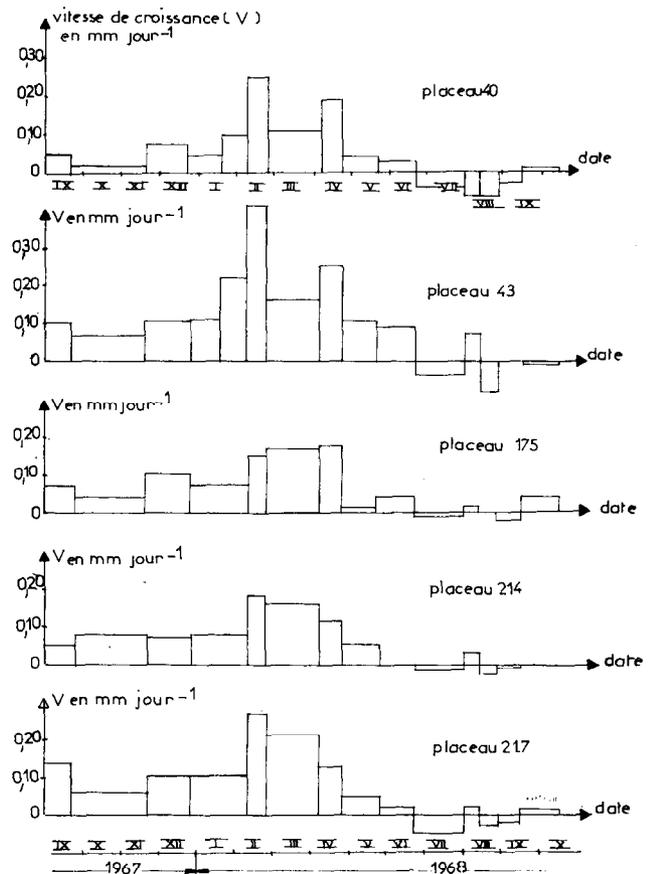


Fig. 8. — Evolution de la vitesse de croissance dans les cinq plateaux d'*E. camaldulensis* Dehn étudiés.

Le coefficient de dispersion relatif à ces vitesses présente des valeurs qui varient considérablement et, d'une manière assez régulière, en fonction du temps. Il est maximum en été, alors que le diamètre du tronc diminue, et est minimum en février quand les vitesses de croissance sont maximales (tabl. IV).

TABLEAU IV

ÉVOLUTION DE LA VITESSE DE CROISSANCE EN ÉPAISSEUR DE SEPTEMBRE 1967 A SEPTEMBRE 1968 (moyenne exprimée en mm/jour et coefficient de dispersion)

Dates	Vitesse de croissance en épaisseur	
	m	σ/m
1967		
su 1/8 au 29/8	0,012	0,92
du 29/8 au 21/9	0,049	1,07
du 21/9 au 18/11	0,020	0,65
du 18/11 au 23/12	0,074	0,51
1968		
du 23/12 au 19/1	0,042	0,67
du 19/1 au 9/2	0,098	0,87
du 9/2 au 25/2	0,249	0,48
du 25/2 au 5/4	0,112	0,74
du 5/4 au 23/4	0,190	0,61
du 23/4 au 23/5	0,043	0,88
du 23/5 au 20/6	0,026	0,77
du 20/6 au 11/8	— 0,043	1,49
du 11/8 au 16/8	— 0,066	1,03
du 16/8 au 27/8	— 0,059	1,32
du 27/8 au 15/9	— 0,032	1,12

Remarque : les retraits sont affectés du signe —.

4.2. ACCROISSEMENT TOTAL ANNUEL ET VARIATIONS INDIVIDUELLES A L'INTÉRIEUR D'UN MÊME PLACEAU.

On appelle accroissement réel annuel, la différence entre l'accroissement total et le retrait estival, au cours d'une même période de croissance : septembre 1967-septembre 1968.

Il ne semble pas y avoir de corrélation entre l'augmentation de longueur de la circonférence et le diamètre du tronc au moment où débute la période de croissance (tabl. V). Cependant, cette constatation doit être nuancée car les mesures ont porté sur des arbres dont la circonférence ne varie guère d'un individu à l'autre (410 à 520 mm, soit une circonférence moyenne de 465 mm à 10% près).

Les arbres poussent en hiver et au printemps ; mais au cours de ces deux saisons, le pourcentage d'accroissement par rapport à la croissance annuelle varie d'un arbre à l'autre. Le retrait estival prend chez certains eucalyptus des proportions considérables : il peut représenter dans le cas du n° 40, environ 50% de la croissance réelle annuelle.

Dans une même parcelle expérimentale les différences de croissance entre individus sont importantes (fig. 9). Pour les arbres n°s 19 et 38 par exemple, les accroissements réels annuels sont dans le rapport de 3 à 1. C'est en été que l'hétérogénéité de la population est apparue maximale. Ces variations à l'échelle individuelle pourraient être dues à des facteurs endogènes s'exprimant différemment d'un arbre à un autre. Il se pose alors, au généticien, un problème de sélection

TABLEAU V

CROISSANCE ANNUELLE (en mm) ET ACCROISSEMENTS SAISONNIERS¹ (exprimés en % de l'accroissement réel annuel) POUR LES HUIT ARBRES MESURÉS SUR LA TERRASSE ALLUVIALE — PLACEAU N° 40

Numéro de l'arbre	Longueur de la circonférence 1/9/1967	Croissance totale 1967-1968	Retrait estival	Croissance réelle	Accroissement saisonnier			
					Automne	Hiver	Printemps	Eté
31	520	23,6	3,2	20,4	20,2	29,8	58,6	— 8,6
40	490	15,6	5,6	10,0	11,3	75,5	60,4	— 47,2
38	460	13,0	3,8	9,2	6,3	94,8	23,1	— 24,2
47	440	25,2	4,6	20,6	14,9	43,5	55,6	— 14,0
19	420	29,0	2,4	26,6	7,9	43,0	56,0	— 7,2
60	420	17,6	3,7	13,9	23,1	49,6	42,9	— 15,6
21	410	27,3	5,2	22,1	12,0	56,9	37,3	— 6,2
67	?	26,8	7,6	19,2	23,6	64,0	38,4	— 26,1

¹ Automne = septembre-octobre-novembre ; Hiver = décembre-janvier-février ; Printemps = mars-avril-mai ; Eté = juin-juillet-août.

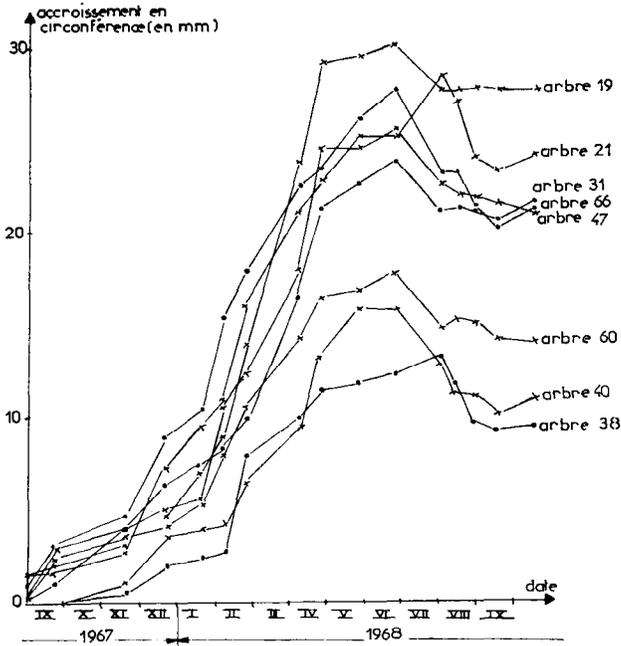


Fig. 9. — Evolution de l'accroissement en circonférence de huit *Eucalyptus camaldulensis* Dehn poussant dans le plateau 40.

pour tenter de distinguer les individus les plus intéressants.

4.3. INFLUENCE DES FACTEURS CLIMATIQUES SUR LA CROISSANCE EN ÉPAISSEUR.

On a déjà mis en évidence, l'hypothèse d'une influence des précipitations sur la date moyenne de départ de la croissance au cours des années 1967 et 1968. On va essayer de voir maintenant dans quelle mesure la température peut également jouer un rôle dans le rythme de croissance.

A Zerniza, dans le plateau alluvionnaire (n° 40), l'étude de l'accroissement moyen mensuel (de septembre 1967 à août 1968) en fonction de la température moyenne mensuelle (fig. 10 a) permet de constater :

— De septembre à janvier, la circonférence augmente peu ; les températures sont relativement basses. Il n'y a pas d'arrêt hivernal marqué, mais seulement ralentissement de l'activité cambiale.

— En février, par contre, la circonférence du tronc commence à croître rapidement. Deux hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer ce phénomène : il s'agit soit de la levée d'une dormance partielle du cambium entraînant un départ de croissance (cette hypothèse apparaissant toutefois peu probable en raison de l'accroissement continu de septembre à janvier), soit d'une reprise de l'activité cambiale directement liée à l'augmentation de la durée mensuelle

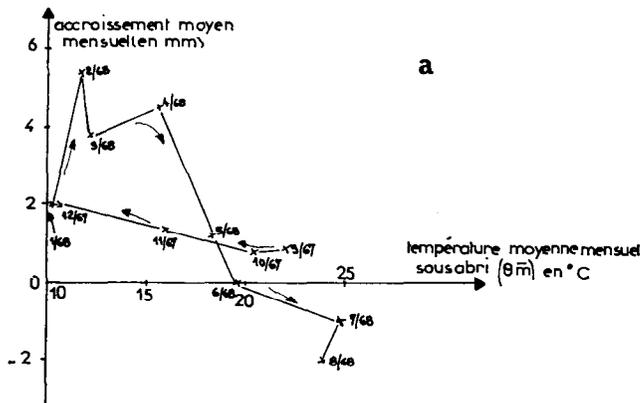


Fig. 10 a. — Accroissement moyen mensuel (exprimé en mm) en fonction de la température moyenne mensuelle (en °C). *E. camaldulensis* (plateau 40, sol alluvionnaire).

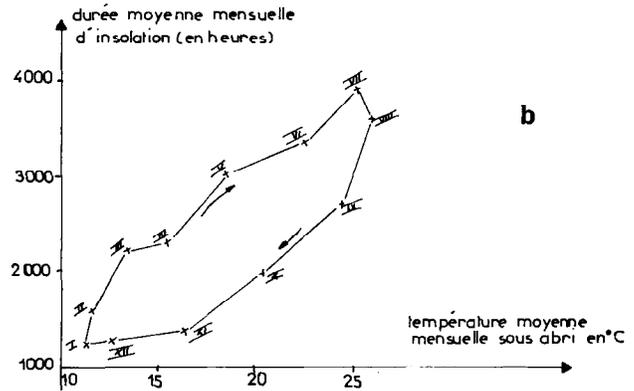


Fig. 10 b. — Evolution de la durée mensuelle moyenne d'insolation en fonction de la température moyenne mensuelle à Bizerte. (Les durées d'insolation ont été établies de 1951 à 1958 et les températures moyennes de 1901 à 1960.)

moyenne d'insolation (fig. 10 b)¹. La température de l'air n'augmente guère, mais par contre, l'insolation croît considérablement. En fait, seules des mesures de température du tronc à l'aide de thermocouples pourraient permettre de préciser l'importance des phénomènes thermiques à cette époque.

— A partir du mois d'avril, l'accroissement ralentit et le sol commence à se dessécher.

— L'arrêt de croissance estivale est très marqué dès le mois de juin. Il dure environ quatre mois et s'accompagne d'un retrait de la circonférence (15% en moyenne de l'accroissement annuel) qui devient faible à partir du 15 septembre. Cette constatation peut être reliée à l'apparition des précipitations le 17 septembre (17 mm). A cette date, les déficits hydriques mesurés dans le sol et les feuilles sont tels que cette quantité d'eau ne suffit pas pour provoquer le démarrage de l'accroissement. Il faudra attendre les pluies d'octobre pour voir la croissance repartir rapidement.

— Quel que soit le milieu édaphique choisi, les résultats obtenus précédemment restent valables : c'est le cas pour *E. camaldulensis* introduit sur des sols hydromorphes (fig. 10 c). En outre, l'évolution de l'accroissement moyen mensuel, en fonction de la

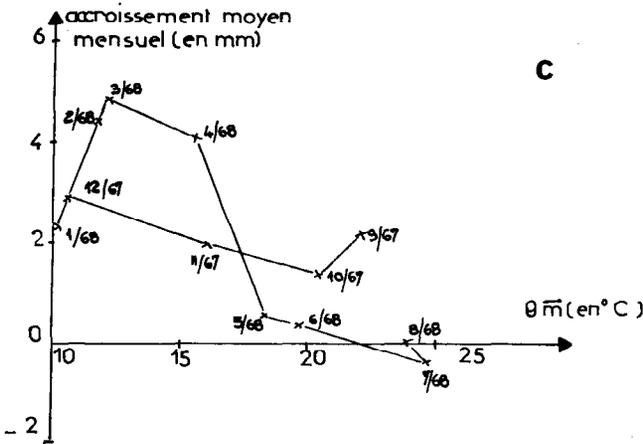


Fig. 10 c. — Accroissement moyen mensuel en fonction de la température moyenne mensuelle *Eucalyptus camaldulensis* Dehn sur sol hydromorphe.

¹ Les durées d'insolation sont celles des données météorologiques de Bizerte, raison pour laquelle elles ne correspondent pas à la période des mesures biologiques.

température moyenne mensuelle est encore identique pour un milieu donné, quelle que soit la densité de plantation (fig. 10 d).

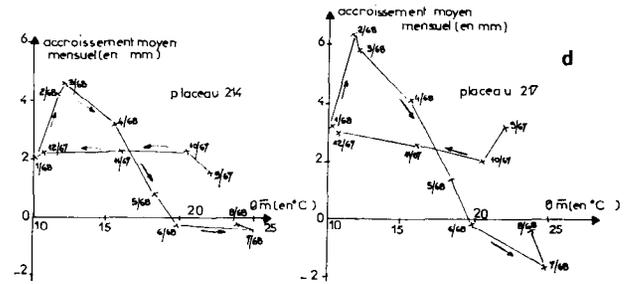


Fig. 10 d. — Accroissement moyen mensuel en fonction de la température moyenne mensuelle dans deux plateaux d'*Eucalyptus camaldulensis* à densité de plantation différente. (plateau 214 = 2 m x 3 m ; plateau 217 = 2 m x 4 m)

Ces cycles successifs d'activité et de repos ne se marquent pas forcément par la présence de cerne annuels bien nets. En Australie, REINDERS-GOUWENTAK (1935) n'en remarque pas, mais AMOS et al. (1959) affirment qu'ils apparaissent en septembre, c'est-à-dire au printemps. Selon GREISS (1939) et FAHN (1959), ces cerne se formeraient en Israël à la fin de l'été avant les pluies d'hiver ; la production de xylème a lieu de février à avril.

Sous des climats similaires, FAHN (1959) sur *E. camaldulensis* et KARSCHON (1968) sur *E. gomphocéphala* en Israël ou DE CARVALHO (1962) sur *E. globulus* au Portugal, ne constatent également aucun arrêt de croissance hivernale. Par contre, HOPKINS (1968) en Australie met en évidence un arrêt hivernal d'un mois pour *E. regnans*, *E. obliqua* et *E. radiata*. Il l'attribue aux basses températures et aux pluies peu abondantes. A Rome, VALENZIO et SCARAMUZZI (1967) constatent également un tel arrêt pour *E. camaldulensis* et *E. viminalis* en janvier et février en rapport avec la température. Le tableau VI permet de comparer les températures minimale et maximale relevées dans la parcelle expérimentale où les auteurs précédents ont effectué leurs mesures en 1966 et à Zerniza en 1968. Dans cette dernière station, les températures sont toujours plus élevées que celles rencontrées par VALENZIO et SCARAMUZZI. Il se peut alors qu'elles ne soient jamais assez basses pour provoquer un arrêt de croissance.

TABLEAU VI
COMPARAISON DES TEMPÉRATURES
MINIMALE ET MAXIMALE (°C)
DANS LES PARCELLES DE VALENZIO ET SCARAMUZZI
(Rome, 1966)
ET DE POUPON
(Zerniza, 1968)

	Valenzio et Scaramuzzi (Rome, 1966)		Poupon (Zerniza, 1968)	
	T. max.	T. min.	T. max.	T. min.
Janvier	11,3	1,1	13,8	7,2
Février	16,2	5,3	16,7	7,2
Mars	16,2	3,0	17,5	7,7
Avril	20,5	7,6	21,7	10,3

D'autre part, FAHN (1959), DE CARVALHO (1962) et KARSCHON (1964) notent d'assez longs arrêts de l'activité cambiale en été. VALENZIO et al. (1967) remarquent quant à eux, un arrêt en juin suivi d'une forte reprise de la croissance dès le mois de juillet.

En Israël et en Australie, les périodes de formation des cernes et d'arrêt de l'activité cambiale concordent donc. On peut chercher à expliquer ce synchronisme en envisageant l'existence de rythmes endogènes. *E. camaldulensis* poussant dans les hémisphères sud ou nord, à des latitudes similaires, mais sous des climats différents, préserverait son rythme annuel de croissance, même après plusieurs générations dans un climat nouveau. L'intensité de la production de bois serait cependant influencée par les conditions extérieures de l'habitat.

L'interprétation de VALENZIO et SCARAMUZZI (1967) est toute autre dans la mesure où ils constatent non seulement une période d'arrêt de croissance hivernale, mais aussi une forte reprise de l'activité cambiale en juillet après une seconde période de repos en juin. Ils attribuent ce dernier arrêt à des facteurs nutritionnels : à cette époque, se situe l'émission la plus importante de feuilles. De telles réductions de l'activité cambiale ont été mises en évidence par de nombreux auteurs, depuis fort longtemps : MISCKE (1890), JOST (1891), FRIEDICH (1897), BROWN (1915), KIENHOLZ (1941) et, plus récemment, par PAWSEY (1964). Dans ces conditions le démarrage rapide de la croissance en juillet s'expliquerait par une disponibilité d'eau en profondeur.

Dans tous les cas, des réserves doivent être faites sur la signification de ces relations croissance - température de l'air. Seules des mesures plus fines de microclimat à l'intérieur du peuplement ou de température

des troncs pourraient permettre d'analyser, à l'échelle de l'individu, le déterminisme de ces phénomènes biologiques de reprise ou d'arrêt de l'activité cambiale.

4.4. INFLUENCE DU MILIEU ÉDAPHIQUE SUR LA CROISSANCE EN ÉPAISSEUR.

E. camaldulensis est installé, à Zerniza, sur trois sols distincts. La figure 5 montre les courbes de croissance cumulée en épaisseur obtenues sur chacun d'eux. Chaque valeur correspond à la moyenne de mesures portant sur 8 arbres (terrasse alluviale: pl. 40, et sol hydromorphes: pl. 175) ou 5 arbres (sol humifère: pl. 43).

Les courbes à allure sigmoïdale présentent de nombreuses analogies entre elles. Pourtant d'importantes différences existent suivant les milieux :

— Les accroissements totaux annuels des arbres situés sur la terrasse (pl. 40) ou sur les sols humifères (pl. 43) sont en moyenne dans le rapport de 1 à 2. Cependant la hauteur des arbres au cours des premières années après la plantation (fig. 11) était plus importante sur la terrasse (pl. 40) où les eucalyptus ont poussé très vite. Dans ces terrains relativement bien drainés, s'installe sans doute rapidement après 7 ou 8 ans, une sévère compétition pour l'eau et les substances nutritives. La croissance ne peut plus avoir lieu dans des conditions optimales. Sur les sols hydromorphes (pl. 175), les arbres sont petits et leur diamètre significativement plus faible que celui des individus de la terrasse (pl. 40).

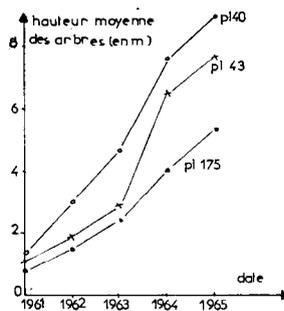


Fig. 11. — Hauteurs comparées d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn en fonction du milieu édaphique les premières années après la plantation.

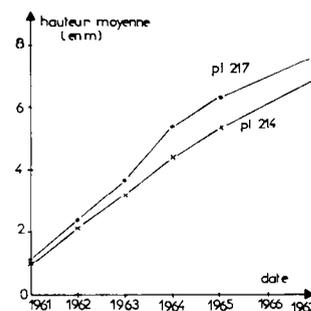


Fig. 13. — Influence de la densité de plantation sur la hauteur moyenne des arbres.

— L'étude de l'accroissement saisonnier (tabl. VII) met en évidence l'absence d'influence de la nature du sol sur les rythmes de croissance; l'essentiel de l'accrois-

TABLEAU VII
COMPARAISON DES ACCROISSEMENTS ANNUELS (en mm) ET SAISONNIERS
(en % de l'accroissement réel annuel) EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL

Nature du sol	Numéro du plateau	Accroissement total annuel	Retrait estival	Accroissement réel annuel	Accroissement saisonnier (%)			
					Automne	Hiver	Printemps	Eté
Alluvionnaire	40	22,3	4,5	17,8	11,9	53,1	50,9	— 15,9
Humifère	43	40,7	4,4	36,3	19,3	45,3	41,3	— 5,7
Hydromorphe	175	24,7	1,0	23,7	11,8	47,7	41,3	— 0,8

sement s'effectue toujours, en hiver et au printemps. L'activité cambiale est faible en automne. En été, si le retrait est peu important dans les zones hydromorphes, il est considérable dans les terrains bien drainés.

— Enfin, quelle que soit la nature du sol aucune différence significative n'est apparue pour les années 1967 et 1968 en ce qui concerne les dates de départ, les dates d'arrêt, et la durée de la période de croissance. Par contre, l'activité cambiale reprend significativement plus tard en 1968 qu'en 1967 (tabl. VIII).

TABLEAU VIII

COMPARAISON DES DATES DE DÉPART DE LA CROISSANCE EN 1967, 1968, DES DATES D'ARRÊT ET DE LA DURÉE DE LA PÉRIODE DE CROISSANCE EN FONCTION DE LA NATURE DU SOL

Nature du sol	N° du plateau	Date moy. de départ	Date moy. de départ	Date d'arrêt	Durée de période de croissance
		(1967)	(1968)	(1968)	
Alluvionnaire	40	27/9	20/10	11/6	258 jours
Humifère	43	12/9	6/10	14/6	276 jours
Hydromorphe	175	15/9	18/10	13/6	272 jours

— En ce qui concerne les vitesses de croissance (fig. 8), sur la terrasse et les sols humifères, le maximum est obtenu entre le 9 et le 25 février, mais il est plus élevé sur les seconds (0,41 mm/j) que sur la première (0,25 mm/j). Par contre, en terrains hydromorphes d'une part il est atteint plus tardivement (entre le 5 et le 23 avril) et d'autre part il est nettement plus faible (0,17 mm/j). Les sols gorgés d'eau pendant une partie de l'année limitent l'activité racinaire créant ainsi des conditions évidemment défavorables à la croissance.

La nature du sol paraît donc intervenir assez indirectement dans les processus de croissance en épaisseur dont elle semble essentiellement modeler l'intensité. Par contre, elle n'a modifié ni les dates de départ et d'arrêt de la croissance, ni la durée de la période de croissance qui sont plus réellement influencées par des facteurs biologiques endogènes, ou climatiques.

4.5. INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE PLANTATION SUR LA CROISSANCE EN ÉPAISSEUR.

Les placeaux n^{os} 214 et 217 sont installés côte-à-côte sur un même sol hydromorphe à *Schoenus nigricans* et *Linum numidicum*. Dans le premier, les arbres ont été plantés à 2 × 3 m et dans le second à 2 × 4 m, soit respectivement avec des densités de 1 670 et 1 250 arbres/ha. La figure 12 présente les courbes moyennes de croissance cumulée en circonférence (chaque valeur étant la moyenne de 8 mesures). Le tableau IX indique, en fonction de l'accroissement total

TABLEAU IX

COMPARAISON DES ACCROISSEMENTS ANNUELS (en mm) ET SAISONNIERS (en % de l'accroissement réel annuel) EN FONCTION DE LA DENSITÉ DE PLANTATION

Nombre d'arbres (ha)	Numéro du plateau	Accroissement total annuel	Retrait estival	Accroissement réel annuel	Accroissement saisonnier			
					A	H	P	E
1 670	214	23,6	1,3	22,3	27,9	38,5	38,0	— 4,4
1 250	217	32,0	2,9	29,1	29,1	42,7	38,5	— 7,8

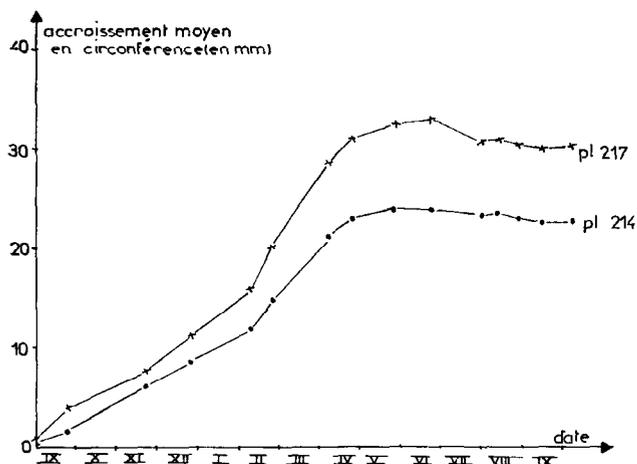


Fig. 12. — Accroissement en circonférence dans les placeaux 214 et 217 à densité de plantation différente.

annuel, le pourcentage d'accroissement saisonnier.

— Alors que les densités de plantation de ces deux placeaux sont dans le rapport de 4 à 3, les accroissements totaux ou réels annuels sont dans le rapport inverse de 3 à 4. L'augmentation de circonférence est significativement plus importante dans le placeau à faible densité. En 1967, dans cette même parcelle (pl. 217), les arbres étaient à la fois plus grands (fig. 13) et de plus fort diamètre, 38 cm en moyenne au lieu de 29 cm dans le placeau n° 214. Une densité trop élevée apparaît donc défavorable à une bonne croissance individuelle.

Du point de vue saisonnier, on peut noter :

— Au cours de l'hiver, apparaissent les différences des accroissements d'un placeau à l'autre.

— En été, le retrait du tronc est un peu plus marqué dans le placeau n° 217 où il atteint 7,8% de l'accroissement réel annuel. HAYES et BUELL (1955) cités par HOPKINS (1968) pensent que la quantité d'eau disponible par suite d'éclaircies ne peut pas compenser l'augmentation de la perte en eau par transpiration de la couronne. Il en serait de même ici ; dans les placeaux à faible densité, l'augmentation de la quantité d'eau disponible au niveau des racines ne compense pas les pertes par transpiration au niveau des couronnes qui sont beaucoup plus développées.

— Les dates moyennes de départ et d'arrêt de la croissance font apparaître, en 1967, un démarrage plus précoce dans le placeau à faible densité. L'écart est de 33 jours et la différence est significative. Par contre, les dates d'arrêt ne diffèrent pas significativement. Dans les placeaux à densité élevée, la période

de croissance est donc de plus courte durée (232 j au lieu de 282), essentiellement par suite d'une reprise tardive de l'activité cambiale en automne.

— Les vitesses de croissance varient également. Elles sont toujours supérieures dans le placeau n° 217 (0,27 mm/j au lieu de 0,18 dans le placeau n° 214). Les maximum se situent toutefois à la même époque, malgré les différences constatées quant à la date du départ de la croissance.

L'influence de la densité de plantation se marque très rapidement sur la croissance puisque sept ans après la plantation, on peut constater un meilleur développement des arbres des placeaux à faible densité. Leur croissance annuelle s'étend sur de plus longues périodes et s'effectue à des vitesses supérieures.

4.6. RAPPORT ENTRE LES CROISSANCES EN HAUTEUR ET EN ÉPAISSEUR.

Pour les sols hydromorphes (pl. 175), les mesures ont porté à la fois sur l'accroissement en circonférence du fût de 8 arbres, et sur l'élongation des pousses terminales de 10 autres situés en bordure de piste. Le but poursuivi était de suivre comparativement l'évolution au cours de l'année 1968 de ces deux aspects des phénomènes de croissance à l'échelle d'un individu (fig. 14) :

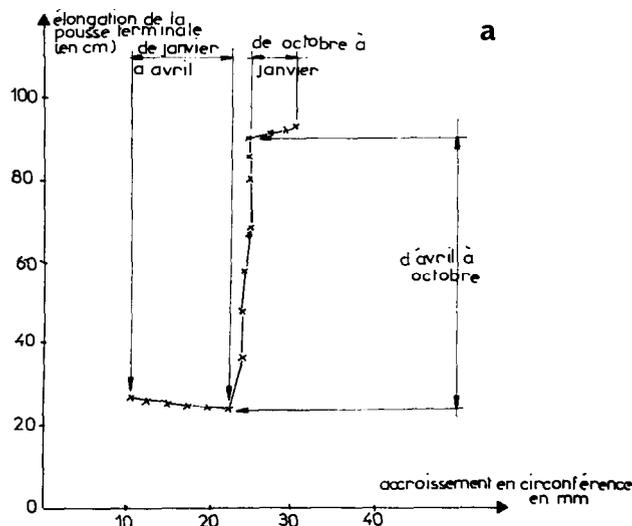


Fig. 14 a. — Evolution de l'accroissement en circonférence en fonction de l'élongation de la pousse terminale en 1968 (*E. camaldulensis* Dehn placeau 175).

— En hiver, l'accroissement en épaisseur ne ralentit à aucun moment. Par contre, l'allongement est stoppé et les pousses terminales sont même, sous l'effet des vents, brisées.

— Dès le mois d'avril l'élongation débute activement, la croissance en diamètre commence à diminuer. Ce phénomène s'accroît encore au début de l'été. Le rapport (L/C) entre la longueur de la pousse terminale (L) et la longueur de l'accroissement en circonférence (C) augmente régulièrement du 16 avril au 15 juillet (fig. 14 b).

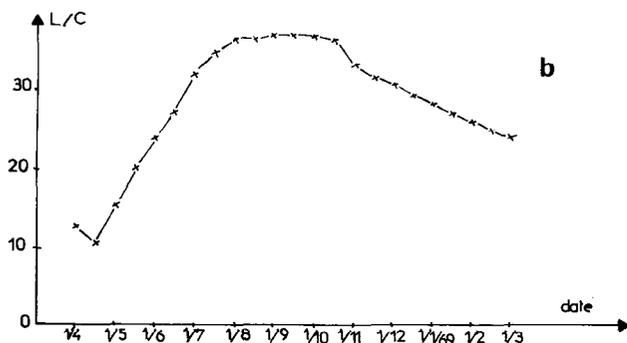


Fig. 14 b. — Evolution du rapport élancement de la pousse terminale (L en mm) et accroissement en circonférence (C en mm) d'avril 1968 à mars 1969 pour *E. camaldulensis* Dehn, placeau 175

— En septembre, l'arbre ne croît plus. Le rapport précédent reste constant et voisin de 36,5.

— A l'automne, dès les premières pluies, le diamètre augmente de nouveau, l'élongation de la flèche reste faible. Le rapport L/C diminue. L'hiver 1968-1969 se caractérisant par l'absence de vents violents, la détérioration des pousses terminales fut plus réduite et les valeurs de L/C furent toujours supérieures à celles obtenues au cours de l'hiver précédent.

Les rythmes de croissance en hauteur et en épaisseur sont donc très différents. L'élongation de la pousse terminale semble davantage indépendante des facteurs du milieu extérieur que l'accroissement en épaisseur du tronc.

5. CONCLUSIONS.

En Tunisie, dans la région des Mogods, l'accroissement en épaisseur du tronc d'*E. camaldulensis* s'étend sur une très longue période (plus de 8 mois). Il se caractérise par :

— Aucun arrêt hivernal : il est continu de l'automne à la fin du printemps.

— Un important retrait estival qui peut atteindre, chez certains individus jusqu'à 50% de l'accroissement total annuel.

Ces résultats ne sont pas spécifiques d'ailleurs du seul *E. camaldulensis* étudié ici. Des mesures effectuées simultanément ont prouvé que plusieurs espèces d'eucalyptus introduites à Zerniza se comportaient d'une manière identique. Cependant, *E. gomphocephala* présente seulement un arrêt de croissance en été sans aucune rétraction du tronc. A l'opposé, d'autres espèces semblent plus sensibles à la sécheresse : c'est le cas d'*E. maideni* qui stoppe tout accroissement dès le mois de mai ou d'*E. saligna* où se forment, à la base du tronc, d'importantes fentes de retrait au cours de l'été.

Les variations individuelles à l'intérieur d'un même plateau sont considérables. L'homogénéité la plus grande se situe au moment où la vitesse de croissance est maximale (c'est-à-dire généralement en février) et l'hétérogénéité est très marquée au cours de l'été. La reprise de l'activité cambiale varie d'un arbre à l'autre, mais beaucoup moins que l'arrêt de la croissance à la fin du printemps.

Cet accroissement en épaisseur apparaît davantage tributaire des facteurs climatiques de la région que l'élongation de la flèche. La reprise de la croissance commence toujours après les premières pluies d'automne, et au printemps le ralentissement constaté correspond à l'époque où le sol commence à se dessécher. Mais la recherche de relations entre le climat et la croissance demande des études très précises au niveau du microclimat à l'intérieur de la végétation, et des mesures à une échelle particulièrement fine (température des bourgeons ou du tronc à différents niveaux...).

La nature du sol semble intervenir moins directement et surtout essentiellement pour modérer l'intensité de cet accroissement. Elle ne modifie ni les dates de départ ou d'arrêt, ni la durée de la période de croissance.

La densité de plantation joue un rôle important. En peuplements denses, la croissance individuelle des arbres est peu importante : la reprise de l'activité cambiale est plus tardive, la durée de la période de croissance plus courte, et les vitesses de croissance plus faibles. Par contre, en été, le retrait du tronc est moins marqué que pour les individus installés dans des plateaux à plus faible densité.

Ces constatations confirment la nécessité d'une étude du microclimat à l'intérieur du peuplement. On peut penser, en effet, que dans les plateaux à faible densité les rayonnements solaires pénètrent plus pro-

fondément et la température des troncs mieux exposés va augmenter ; de la même façon, le bilan hydrique au niveau de l'arbre ou du peuplement va subir de profondes modifications en fonction de la densité de plantation.

De toutes les espèces d'eucalyptus introduites dans l'arboretum de Zerniza, il apparaît qu'*E. camaldulensis* Dehn. est une de celles qui donnent les meilleurs résultats en ce qui concerne les croissances en hauteur et en épaisseur dans les différents milieux édaphiques considérés. Sur les sols alluvionnaires, *E. maïdeni* et *E. saligna* se comportent aussi bien mais ils sont beaucoup plus sensibles à la sécheresse et présentent en été, des fentes de retrait qui nuisent à la valeur technologique du bois. Sur les sols hydromorphes, *E. camaldulensis* est encore avec *E. gomphocephala* l'espèce qui croît le mieux, surtout quand les densités de plantations ne sont pas très élevées.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 27 septembre 1971.

BIBLIOGRAPHIE

- AMOS (G. L.), BISSET (I. J.), DADSWELL (H. E.) - 1950 - Wood structure in relation to growth in *Eucalyptus gigantea* Hook. *Aust. J. sci.*, 8 (2) : 132-141.
- BROWN (H. P.) - 1915 - Growth studies in forest trees. 2. *Pinus strobus* L. *Bot. Gaz.*, 59 : 197-241.
- COOK (D. B.) - 1941 - The period of growth in some northeastern trees. *Frontiers of Plant Sci.* May : 4-5.
- DE CARVALHO (A.) - 1962 - Madeiras de Eucalipti (*E. globulus* Labill.). Estudos, ensaios o observações. *Secr. est. Agricultura, Dir. Ger. Ser. Florestais e Aquisolas, Lisboa.*
- FAHN (A.) - 1959 - Xylem structure and annual rythm of development in trees and shrubs. II. *Eucalyptus camaldulensis* and *Acacia cyanophylla*. *Bull. Res. Counc. Israël*, 7 D : 122-129.
- FRIEDICH (J.) - 1897 - Über der Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs. *Mitteil. A.d. Forstl. Versuchswesen Osterreichs*, 22 Wien.
- GREISS (E. A. M.) - 1939 - Effect of water supply on the structure of the xylem elements in certain trees in Egypt. *Bull. Inst. Egypte*, 20 : 193-225.
- GUINAUDEAU (J.) - 1966 - L'accroissement journalier du pin maritime en diamètre dans deux stations de la région landaise. *Bull. Soc. Bot. Fr. Mem.*
- HALL (R. C.) - 1944 - A vernier tree growth band. *J. For.*, 42 : 742-743.
- HAYES (G. L.), BUELL (J. H.) - 1955 - Trees also need water at the right time and place. Year Book U.S. dept. Agric. : 219-228.
- HOPKINS (E. R.) - 1968 - Fluctuations in the girth of regrowth Eucalypt stems. *Aust. For.*, 32 (2):95-110.
- JACOBS (M. R.) - 1955 - The primary and secondary leaf bearing systems of the eucalyptus. *C.F. & T.B. Bull.*, 18.
- JOST (L.) - 1891 - Über Dickenwachstum und Jahresringbildung. *Bot. Ztg.*, 49 : 482-499, 501-510 et 541-547.
- KARSCHON (R.) - 1964 - Periodicity growth in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and *Eucalyptus gomphocephala* A. Dc. Nat. and Univ. Inst. Agric. For. div., Ilanoh, Leaflet, 24.
- KIENHOLZ (R.) - 1941 - Seasonal course of height growth in some hardwoods in Connecticut. *Ecology*, 22 : 249-258.
- KOZLOWSKI (T. T.), WARD (R. C.) - 1957 - Seasonal height growth of deciduous trees. *For Sci.*, 7 : 357-368.
- KRAMER (P. J.) - 1958 - Thermoperiodism in trees. Chapt. 30 in K.V. Thiman (ed.). The physiology of trees. Ronald Press Co, New York.
- LIMING (F. G.) - 1957 - Homemade dendrometers. *J. For.*, 42 : 175-180.
- MISCHKE (K.) - 1890 - Beobachtungen über das Dickenwachstum der Coniferen *Bot. Cent.*, 44 : 39-43 et 169-175.
- PAWSEY (C. K.) - 1964 - Height and diameter growth cycles in *Pinus radiata* *Aust. For. res.*, I : 3-8.
- POUPON (H.) - 1970 - Sur la croissance de quelques espèces de pins dans ses rapports avec le climat du nord de la Tunisie. Thèse de 3^e cycle, Faculté des Sciences d'Orsay.
- REINDERS-GOUWENTAK (C. A.) - 1935 - Macroscopical and anatomical character of the wood of *Eucalyptus globulus* Labill. and *Eucalyptus rostrata* Sch! Medded. *Landbhoogesch. Wageningen*, 39 : 3-17.
- SCHOPMEYER (C. S.) - 1955 - Effects of turpentine on growth of slash pine : firth year results. *For. Sci.*, I : 83-87.
- VALENZIO (S.), SCARAMUZZI (G.) - 1967 - Osservazioni preliminari sul ritmo di accrescimento in diametro di *Eucalyptus camaldulensis* e *viminalis* a Roma. *Publ. Centro di Sperm. agric. e For.*, IX (3) : 189-202.
- YOUNG (H. E.), KRAMER (P. J.) - 1952 - The effect of pruning on the height and diameter growth of loblolly pine. *J. For.*, 50 : 474-479.